

# 水泥混凝土桥面防水粘结材料的性能研究

孙恩杰

(江苏省宿迁市高速公路建设指挥部 宿迁市 223800)

**摘 要:**选择 5 种常用的防水粘结材料,针对最能反映桥面防水层性能的两项关键指标,即抗剪性能和抗拉拔性能,利用自行研制的室内剪切试验仪和拉拔试验仪,对防水粘结材料、环境温度和沥青洒布量这 3 个因素对于这两项性能的影响规律进行了分析,为防水层的设计和正确施工提供理论依据。

**关键词:**水泥混凝土桥面防水粘结材料;抗剪性能;抗拉拔性能;室内试验

我国目前还没有统一的公路桥面防水粘结层的设计、试验和施工方面的规范,为此在选择、使用防水粘结材料时盲目性大,而且国内桥面上应用的防水层结构也较多,各种材料的质量情况没有一个统一的质量判别标准。因而导致桥面防水粘结措施不当、质量控制无章可循。为此,本研究认为需要对桥面防水粘结材料进行必要的室内试验研究,希望能够提出反映桥面防水粘结材料实际性能的试验方法与合适的评价指标。

桥面防水粘结材料应具备抵抗面层摊铺和碾压设备的能力,能抵抗热沥青混合料的高温作用和经受行车荷载的考验,并在此条件下与桥面板和铺装面层粘结良好,保证水分无法渗透到桥面板。本文选定以下 5 种柔性材料进行防水粘结试验。

(1)水乳性氯丁胶乳沥青防水涂料(FYT)。

FYT 通常分为 1 号料和 2 号料两种,其中 1 号料具有较高的渗透性,主要是为了起到防水作用,2 号料具有很强的粘结性,主要是为了保证沥青混凝土层与桥面间的粘结。

(2)SBS 改性沥青。

(3)SBS 乳化改性沥青。

SBS 乳化改性沥青是指使用 SBS 作为改性剂,采用先对基质沥青改性,然后再将改性沥青进行乳化的工艺过程生产的沥青产品。

(4) Strata 改性沥青。

科氏 Strata 系统是由应力吸收层和罩面层组成的综合系统,其核心是应力吸收层,主要是为了防治

路面反射裂缝,增强层间粘结而设置的薄层,具有很好的粘附性和防水性。

本研究在科氏 Strata 系统的基础上做了一些改进,采用科氏 Strata 改性沥青,用层铺法进行防水粘结层的铺设,在洒布热的 Strata 改性沥青后,其上洒布一层预拌碎石层作为保护层,成型后防水粘结层厚约 3~4 mm。

(5)APP 防水卷材。

APP 卷材采用聚酯长丝无纺布作为胎体,可以直接铺筑热沥青混凝土,无需另外洒铺沥青结合层;施工周期短,铺贴完成后可以立即进行面层的施工。

## 1 抗剪性能研究

桥面防水粘结层在垂直荷载和水平荷载的综合作用下工作,所以,防水粘结层的抗剪切能力是其一项重要的技术指标。本研究将马歇尔稳定度仪进行改装,模拟防水粘结材料在整个桥面铺装体系中承受的剪切受力状态,其能自动量测出试件受剪切时的最大剪切力及剪切变形。试验示意如图 1。

为真实地模拟、反映混凝土桥面沥青铺装的实际情况,试验时先采用水泥混凝土试模成型 C40 混凝土试件,待养生结束后在其上涂抹不同类型的防水层,经适当的养生后,采用静压法在防水层上成型沥青混凝土,要求沥青混凝土的空隙率控制在 5% 左右。为使剪切试验时受力面更为均匀,加载剪切力采用半圆形压头,半圆形压头的直径与试件的直径一致。

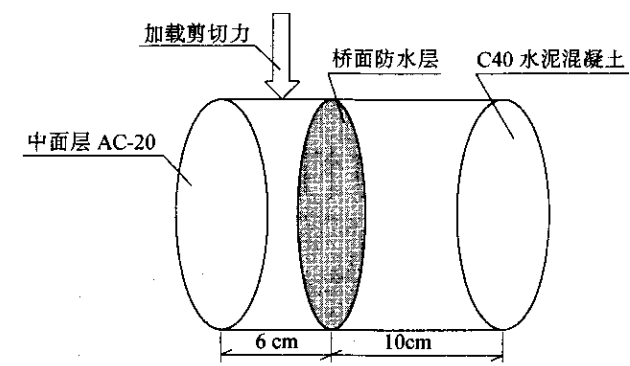


图1 室内剪切试验示意

实桥测试的资料表明,高温环境中水平剪切力作用下的防水粘结层为最不利情况,同时考虑材料对温度的敏感性,本研究拟在不同环境温度下(20℃、40℃、60℃)进行抗剪强度的测定,同时针对SBS改性沥青、改性乳化沥青以及Strata改性沥青防水层,针对不同沥青洒布量对层间抗剪性能的影响进行探讨,测试数据整理如表1。

1.1 温度对抗剪性能的影响

从表1可看出,由于温度对防水层的剪切强度和最大剪切变形的影响非常有规律,并不受到洒布

表1 剪切试验实测数据

防水层材料	洒布量 kg/m <sup>2</sup>	20℃		40℃		60℃	
		剪切强度/MPa	最大变形/mm	剪切强度/MPa	最大变形/mm	剪切强度/MPa	最大变形/mm
FYT		0.114 0	1.06	0.081 7	1.47	0.039 2	2.1
SBS 改性沥青	0.6	0.288 9	2.14	0.237 2	2.72	0.167 7	3.10
	1.0	0.259 1	2.27	0.239 3	2.72	0.164 7	3.33
	1.4	0.239 9	2.22	0.145 7	3.1	0.132 3	3.75
SBS 改性乳化沥青	0.6	0.196 1	1.90	0.138 7	2.79	0.111 1	3.12
	0.8	0.267 6	1.65	0.171 4	2.72	0.146 3	3.36
	1.0	0.209 7	1.86	0.114 8	2.67	0.109 9	2.92
	1.4	0.163 4	1.81	0.133 9	3.33	0.106 6	3.83
Strata 改性沥青	0.6	0.409 3	2.08	0.304 9	3.10	0.212 8	3.99
	1.0	0.414 4	2.48	0.362 9	3.47	0.263 9	3.99
	1.4	0.362 9	2.38	0.245 1	3.34	0.180 0	4.24
防水卷材		0.239 8	2.80	0.197 6	3.89	0.183 0	4.52

量多少的影响。随着试验温度的升高,各个防水层的剪切强度不断降低,其中防水卷材随温度的升高其剪切强度下降最少,Strata改性沥青抗剪强度随温度的上升强度下降幅度最大。最大剪切变形随温度的升高则在不断增大,其中Strata改性沥青防水层及防水卷材的剪切变形随温度的升高增大最为明显。分析原因,主要是由于防水卷材添加了胎体,增强了其适应变形的能力、降低了其温度的敏感性;科氏Strata防水层由于其材料的特殊性,其抗剪强度绝对值较高,柔韧性较好,一定程度上提升了其抗变形的能力。

1.2 洒布量对抗剪性能的影响

对于SBS改性沥青、SBS改性乳化沥青以及Strata改性沥青防水层而言,洒布量的多少对于剪切性能的影响很大。如果沥青洒布量过少,则可能粘结力不够,剪切强度不足以抵抗车辆荷载造成的剪切力;如果洒布量过大,则可能出现滑动现象,同样

会造成剪切破坏。

(1)SBS改性沥青防水层。

从表1看出,SBS改性沥青在0.6 kg/m<sup>2</sup>洒布量下的剪切强度和最大变形与1.0 kg/m<sup>2</sup>的基本相同,而且0.6 kg/m<sup>2</sup>洒布量的剪切强度大于1.4 kg/m<sup>2</sup>洒布量,但0.6 kg/m<sup>2</sup>洒布量的最大剪切变形略小于1.4 kg/m<sup>2</sup>洒布量。说明对于SBS改性沥青防水层,合适的沥青洒布量应该在0.6~1.0 kg/m<sup>2</sup>范围内。当SBS改性沥青洒布量过大时,其抗剪强度会急剧减小。

(2)SBS改性乳化沥青防水层。

从表1看出,SBS改性乳化沥青洒布量在0.8 kg/m<sup>2</sup>时的剪切强度最大,0.6~0.8 kg/m<sup>2</sup>时的最大剪切变形变化很小。说明对于SBS改性乳化沥青防水层,合适的沥青洒布量应该在0.8 kg/m<sup>2</sup>左右。

(3)Strata改性沥青防水层。

Strata改性沥青洒布量在1.0 kg/m<sup>2</sup>时的剪切

强度最大,0.6~1.4 kg/m<sup>2</sup> 时的最大剪切变形变化很小。说明 Strata 改性沥青防水层合适的沥青洒布量应该在1.0 kg/m<sup>2</sup>左右。

1.3 不同结构防水层剪切强度对比

从洒布量的试验分析可以看出:对于改性沥青、改性乳化沥青及 Strata 沥青,其合适的洒布量为0.8~1.0 kg/m<sup>2</sup>,为此针对最佳洒布量下不同防水层的剪切性能进行比较,见图 2 和图 3。

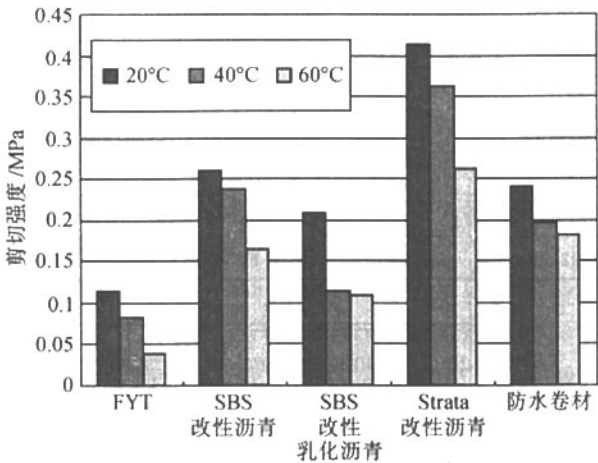


图 2 不同结构桥面防水层最佳洒布量下剪切强度比较

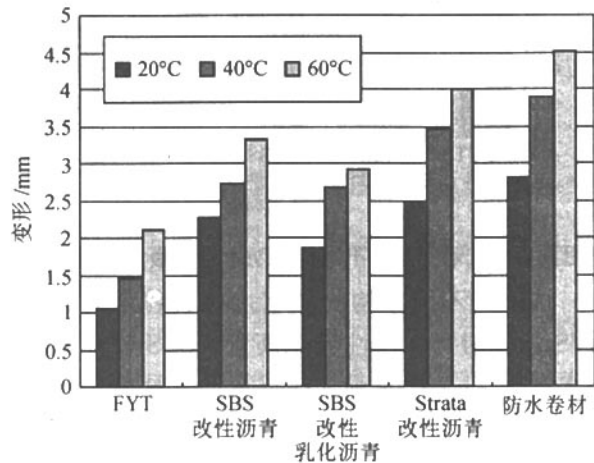


图 3 不同结构桥面防水层最佳洒布量下最大变形比较

由图2和图3可见,不同温度下强度的变化规律基本一致,在最佳洒布量下各防水材料强度的由大到小排列如下:Strata 改性沥青>SBS 改性沥青>防水卷材>改性乳化沥青>FYT。从最大剪切变形的试验结果来看,防水卷材>Strata 改性沥青>改性乳化沥青与SBS 改性沥青相当>FYT。

2 抗拉拔性能研究

在桥面铺装中,梁板与沥青混凝土的粘结强度

对铺装体的抗疲劳特性有很大影响,利用拉拔试验可以确定防水粘结层与梁板和沥青混凝土的粘结力状况,也能反映层间的粘结力。

室内设计的拉拔试验示意图4。与室内剪切试验相同,利用预制模具制备水泥混凝土试件,然后按“表面处理—涂刷防水粘结层—碾压沥青混凝土铺装”的顺序成型试件。在试件的顶面设计了一个圆形拉拔盘,试验时用 AB 胶将拉拔盘与沥青混凝土相连,待胶完全干燥后,放于设计的拉力试验仪中,以100~200 N/s 的固定速度对拉杆加力进行试验。

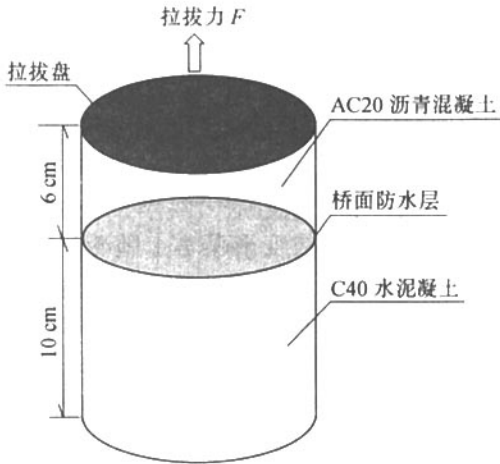


图 4 室内拉拔试验示意

与前述剪切试验相似,选取不同用量的防水层材料,在20℃、40℃和60℃等3种不同环境温度下测试其拉拔强度和最大拉拔变形,测试结果如表2所示。

2.1 温度对抗拉拔性能的影响

从表2可看出,随着试验温度的升高,各种防水层的拉拔强度不断降低,最大拉拔变形的变化规律则不一致,大部分材料随着温度升高而增大,不同温度下不同结构的防水层最大拉拔变形相差较小。

2.2 洒布量对抗拉拔性能的影响

对于 SBS 改性沥青、SBS 改性乳化沥青以及 Strata 改性沥青防水层而言,洒布量对于防水层的拉拔性能影响也很大,按照与剪切试验相同的用量进行拉拔试验,分析其变化的规律。

(1)SBS 改性沥青防水层。

从表2可以看出,洒布量为1.0 kg/m<sup>2</sup>时的拉拔强度最大,最大拉拔变形的变化规律不定。因而从室内拉拔试验来看,SBS 改性沥青防水层洒布量为1.0 kg/m<sup>2</sup>时抗拉拔性能最好。

(2)SBS 改性乳化沥青防水层。

SBS 改性乳化沥青在0.8 kg/m<sup>2</sup>洒布量下的拉

表 2 拉拔试验实测数据

防水层材料	洒布量 kg/m <sup>2</sup>	20 C		40 C		60 C	
		拉拔强度/kPa	最大变形/mm	拉拔强度/kPa	最大变形/mm	拉拔强度/kPa	最大变形 mm
FYT		103.68	1.027	56.02	1.133	45.92	1.247
SBS 改性沥青	0.6	105.81	1.1	96.43	1.233	72.702	1.087
	1.0	118.33	1.263	108.10	1.3	85.86	1.3
	1.4	100.88	1.19	87.85	1.297	67.397	1.367
SBS 改性乳化沥青	0.6	143.11	1.213	104.58	1.09	84.88	1.09
	0.8	159.88	1.18	126.35	1.11	115.91	1.087
	1.0	135.94	1.303	105.25	1.063	74.74	1.103
	1.4	129.36	1.277	119.47	1.32	94.81	1.427
Strata 改性沥青	0.6	153.81	1.357	122.19	1.393	109.37	1.523
	1.0	169.60	1.49	146.68	1.56	113.78	1.75
	1.4	129.19	1.757	113.87	1.747	87.60	1.95
防水卷材		110.35	1.45	92.39	1.407	89.47	1.483

拔强度最大,最大拉拔变形基本上随着洒布量的增加而增加。因而SBS 改性乳化沥青防水层洒布量为 0.8 kg/m<sup>2</sup> 时抗拉拔性能最好。

(3)Strata 改性沥青防水层。

Strata 改性沥青在 1.0 kg/m<sup>2</sup> 洒布量下的拉拔强度最大,最大拉拔变形随着洒布量增加而增大。从室内拉拔试验来看,Strata 改性沥青防水层洒布量为 1.0 kg/m<sup>2</sup> 时抗拉拔性能最好。

2.3 不同结构防水层抗拉拔性能对比

通过对不同洒布量下的拉拔试验分析,改性乳化沥青的最佳洒布量在 0.8 kg/m<sup>2</sup> 左右,改性沥青及 Strata 改性沥青的最佳洒布量在 1.0 kg/m<sup>2</sup> 左右,为此我们分析在最佳洒布量下不同结构防水层的抗拉拔性能,相应的抗拉拔强度和最大拉拔变形比较见图 5 和图 6。

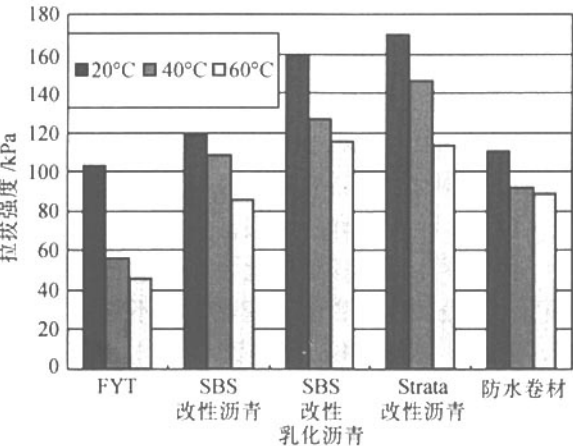


图 5 最佳洒布量下不同结构防水层的拉拔强度

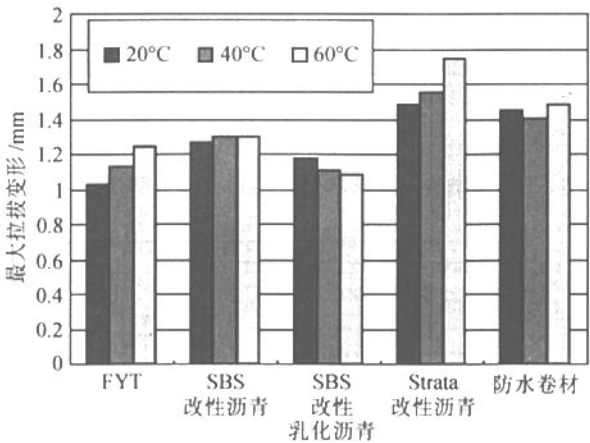


图 6 最佳洒布量下不同结构防水层的最大拉拔变形

从上述不同结构的防水层拉拔强度的比较来看,Strata 沥青>改性乳化沥青>SBS 改性沥青>防水卷材>FYT。从最大拉拔变形来看,Strata 改性沥青最大,其余各种结构的防水层最大拉拔变形相差不多。

3 小结

本文利用自行开发的室内剪切及拉拔设备对不同结构的防水层进行了试验研究,并比较了 5 种桥面防水层材料的剪切性能和拉拔性能,根据试验结果,可得以下结论。

(1)温度对防水层的剪切性能和拉拔性能的影响非常有规律,基本趋势是随着试验温度的升高,材料的剪切强度降低,最大剪切应变增大,拉拔强度降低,最大拉拔变形大部分增大。

(2)对于SBS 改性沥青防水层而言,剪切试验表明合适的沥青洒布量应该在  $0.6\sim1.0\text{ kg/m}^2$  范围内,拉拔试验表明最佳沥青洒布量应该是 $1.0\text{ kg/m}^2$ ,综合考虑可知最佳沥青洒布量应该是  $1.0\text{ kg/m}^2$ 。

(3)对于SBS 改性乳化沥青防水层,剪切试验和拉拔试验共同表明合适的沥青洒布量应该在  $0.8\text{ kg/m}^2$  左右。

(4)对于Strata 改性沥青防水层,剪切试验和拉拔试验共同表明合适的沥青量应该在  $1.0\text{ kg/m}^2$  左右。

(5)这 5 种防水层材料在  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  和最佳洒布量的情况下,按剪切强度排序为:Strata 改性沥青>SBS 改性沥青>防水卷材>改性乳化沥青>FYT;从最大剪切变形的分析比较可知,Strata 改性沥青及防水卷材受剪切破坏时适应变形的能力最强,改性乳化沥青及改性沥青的次之,FYT 最差。

(6)这 5 种防水层材料在  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  和最佳洒布量的情况下,按拉拔强度排序为:,Strata 沥青>改性乳化沥青>SBS 改性沥青>防水卷材>FYT。从最大拉拔变形的分析比较可知,不同结构防水层最大拉拔变形相差不大,比较而言 Strata 改性沥青及防水卷材拉拔变形要大于其他结构防水层。

(7)通过对不同结构的防水层材料及力学性能的分析,在选择材料标准的基础上,我们初步推荐不

同结构的桥面防水层最佳洒布量及力学性能指标见表 3,抗剪强度及抗拉拔强度温度以  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  为标准。

表 3 不同结构防水层的推荐指标

防水层类型	最佳洒布量	抗剪强度	抗拉强度
	$\text{kg/m}^2$	MPa	kPa
FYT	—	$\geq 0.08$	$\geq 50$
SBS 改性沥青	1.0	$\geq 0.20$	$\geq 100$
改性乳化沥青	0.8	$\geq 0.16$	$\geq 120$
Strata 改性沥青	1.0	$\geq 0.30$	$\geq 130$
防水卷材	—	$\geq 0.18$	$\geq 80$

参考文献:

[1] JTJ 014—97,公路沥青路面设计规范[S].

[2] 周庆华. 桥面柔性防水材料性能指标与检测技术研究[D]. 西安:长安大学,2003.

[3] 黄卫,钱振东. 高等沥青路面设计原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2001.

[4] PRICE A R. Waterproofing of concrete bridge decks site practice and failures [R]. TRRL Report No. RR317, 1991.

[5] Martinelli P. Bridge Decks Waterproof Membrane Evaluation[Z]. 1996.

# A Study on Performance of Waterproof and Cohesive Material for Cement Concrete Bridge Decks

SUN En-jie

(Department of Expressways Construction of Suqian City of Jiangsu Province, Suqian 223800, China)

**Abstract:** The five kinds of waterproof and cohesive materials are selected, and two key properties of evaluating waterproof materials are pesented, including anti-shear property and anti-pull-out property. At the same time making use of shear test device and pull-out test device, the influencing regularity of waterproof materials, environmental temperature and amounts of asphalt spreading to the above two properties are studied, and scientific basis for design and construction of waterproof materials is given.

**Key words:** waterproof and cohesive material for cement concrete bridge deck; anti-shear property; anti-pull-out property; indoor experiment